

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 602**

51 Int. Cl.:

C02F 1/20 (2006.01)

B01D 65/02 (2006.01)

C02F 101/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2014 PCT/EP2014/056290**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14166760**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2014 E 14717690 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2984041**

54 Título: **Purificación de agua de yacimientos**

30 Prioridad:

09.04.2013 EP 13162899

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

26.04.2018

73 Titular/es:

**WINTERSHALL HOLDING GMBH (100.0%)
Friedrich-Ebert-Strasse 160
34119 Kassel, DE**

72 Inventor/es:

**HINNERS, GEORG;
POSCHMANN, MARC;
THEMANN, GERHARD y
WOLF, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 665 602 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Purificación de agua de yacimientos

La presente invención se refiere a un procedimiento sencillo mejorado para retirar hidrocarburos aromáticos de aguas de yacimientos del gas asociado al petróleo como gas de arrastre.

- 5 En la extracción de petróleo, de la tierra se extrae básicamente una mezcla de petróleo/agua. En campos petrolíferos recién abiertos, esta mezcla se compone del agua de formación que ya se encuentra contenida en las capas portadoras de aceite, y del petróleo que se está extrayendo. En los campos más viejos, para la extracción de la mezcla de petróleo/agua tiene que inyectarse agua a la formación de petróleo mediante pozos de inyección que se colocan a una cierta distancia del pozo de producción. Como resultado de la presión generada de esta manera, el agua fluye a la capa portadora de petróleo al pozo de extracción y trae consigo petróleo, el cual se saca luego en el pozo de extracción conjuntamente con el agua de inyección y con el agua de formación eventualmente presente.

Esta mezcla de petróleo/agua tiene que separarse para obtener petróleo crudo adecuado para el tratamiento posterior. El contenido de agua de la mezcla de petróleo/agua es diferente en cada caso de pozo petrolero a pozo petrolero y también cambia con el rendimiento progresivo del campo petrolero.

- 15 Para separación de la mezcla de petróleo/agua, por lo regular se emplean separadores de fase, es decir que la mezcla de petróleo/agua se transfiere a un recipiente en el cual el petróleo más ligero y el agua pesada pueden separarse por influencia de la gravedad, de manera que se forma una fase de petróleo en la superficie y una fase de agua (agua de yacimiento) en la zona inferior. Además, con la reducción de presión se libera gas de petróleo asociado, el cual puede usarse para propósitos de calentamiento, entre otros.

- 20 El agua de yacimiento puede inyectarse nuevamente a la formación de petróleo. Para este propósito, el agua de yacimiento tiene que transportarse por un sistema de tuberías que pueden fabricarse de polietileno. Los sistemas de conducción de campo para agua de yacimiento hechos de polietileno se usan principalmente en el caso de extracción de petróleo de campos con corredores de trabajo estrechos ya que las tuberías de polietileno pueden tenderse de una manera simple y con ahorro de espacio, como un material continuo, desde un tambor. Además de su fácil capacidad de tratamiento, las tuberías de polietileno también se caracterizan por una alta resistencia la corrosión frente al agua de yacimientos que contiene sales

- El agua de yacimiento contiene una fracción de hidrocarburos residuales aromáticos en una concentración de aproximadamente 1 a 10 mg/l, en casos excepcionales incluso hasta de 700 mg/l, los cuales también se designan como aromáticos BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno). Estos hidrocarburos residuales aromáticos conducen a un perjuicio en la estabilidad de las tuberías de polietileno puesto que se difunden a la matriz de polietileno, aunque muy lentamente. Al usar tuberías de polietileno para transportar aguas de yacimiento debe garantizarse, por lo tanto, la integridad de la misma ya que los daños en las tuberías pueden conducir a una contaminación del suelo adyacente y de las aguas subterráneas con hidrocarburos aromáticos. La autoridad estatal para minería, energía y geología en Clausthal-Zellerfeld, Alemania, ha estipulado, por lo tanto, en una directiva que el agua de yacimiento puede tener una concentración máxima de compuestos aromáticos BTEX de 3 mg/l, si es transportada por medio de tuberías de polietileno.

- La publicación DE 100 26 135 A1 describe un procedimiento para retirar hidrocarburos de los lixiviados de los depuradores de álcali, donde se usa metano en calidad de gas de arrastre. El procedimiento se realiza a temperaturas comparativamente bajas en una columna de platos. La publicación del documento FR 2 979 338 A1 también divulga un procedimiento conocido en el estado de la técnica para el procesamiento de agua que contiene hidrocarburos aromáticos.

- La publicación FR 2 979 339 A1 divulga un procedimiento para la purificación de agua que está cargada con hidrocarburos aromáticos, utilizando gas natural como gas de arrastre. El gas natural se diferencia fundamentalmente en su composición del gas asociado al petróleo puesto que presenta una fracción particularmente alta de metano (véase, entre otros, la hoja de datos de seguridad de acuerdo con la directiva (EG) No. 1907/2006 (REACH), § 5 GefStoffV, para gas natural secado). El procedimiento divulgado en la publicación FR 2 979 339 A1 necesita además un suministro de presión en el gas de arrastre de 5 a 6 bares cuya generación se asocia con una complejidad en términos de aparatos y de energía. La razón reside en la forma de contactar el medio de arrastre con el agua. El gas se inyecta a un volumen de agua estacionaria con una destrucción en gran medida de su energía de compresión. Esto permite al procedimiento la generación de burbujas finas que son necesarias por razones relacionadas con el procedimiento para suministrar una gran área de paso de los contaminantes. El procedimiento no utiliza un incremento en temperatura para apoyar el procedimiento de purificación. Por lo tanto, el procedimiento divulgado en la publicación FR 2 979 339 A1 también puede ser mencionado como una remoción gruesa de compuestos aromáticos cuya carga residual se encuentra cien veces por encima del procedimiento presentado aquí.

Por lo tanto, existía una necesidad de un procedimiento sencillo y económico para retirar los compuestos aromáticos BTEX del agua de yacimientos que pudiera incorporarse a la estructura de la planta existente para la extracción de petróleo, sin una gran complejidad en términos de construcción.

5 Un objetivo de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un procedimiento sencillo y económico para retirar compuestos aromáticos BTEX del agua de yacimiento, el cual pueda integrarse a la estructura de la planta existente para la extracción de petróleo sin una gran complejidad en términos de construcción.

El objetivo antes mencionado se logra gracias a un procedimiento para el tratamiento de agua que contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, el cual comprende al menos las siguientes etapas:

10 (i) introducir una corriente (I) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo que consiste en benceno, tolueno, etilbenceno y xileno a una columna,

(ii) poner en contacto la corriente (I) con una segunda corriente (II) a contracorriente, y

15 (iii) apartar una tercera corriente (III) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo que consiste en benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, en cuyo caso los hidrocarburos aromáticos se encuentran presentes en una concentración ≤ 3 mg/l, respecto del volumen de la corriente (III)

y la segunda corriente (II) contiene gas asociado al petróleo, el cual comprende ≥ 30 % en volumen a ≤ 75 % en volumen de metano.

20 El gas asociado a petróleo comprende preferiblemente ≥ 30 % en volumen a ≤ 65 % en volumen de metano, el gas asociado a petróleo comprende de modo particularmente preferible ≥ 30 % en volumen a ≤ 60 % en volumen de metano.

De manera sorprendente se ha encontrado que el gas asociado con petróleo puede utilizarse para retirar hidrocarburos aromáticos del agua de yacimientos, aunque ya presente una carga previa de hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, de modo que el experto en la materia habría esperado que la capacidad de purificación de gas asociado con petróleo fuera baja.

25 Según el origen geológico y dependiendo del régimen del proceso durante el tratamiento, el gas asociado al petróleo presenta una composición diferente. En general, el gas asociado al petróleo puede usarse independientemente de su origen o su composición. El gas asociado al petróleo tiene preferiblemente ≥ 50 % en volumen a ≤ 97 % en volumen de hidrocarburos de C₁-C₁₀, respecto de la composición total del gas asociado al petróleo, de modo particularmente preferible ≥ 70 % en volumen a ≤ 97 % en volumen, de modo muy particularmente preferible ≥ 80 % en volumen a ≤ 97 % en volumen.

30 Los hidrocarburos de C₁-C₁₀ se seleccionan preferiblemente del grupo compuesto por metano, heptano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, octano, nonano y decano. Butano, pentano, hexano, octano, nonano y decano se presentan respectivamente como mezclas de sus isómeros. Además, el gas asociado al petróleo contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo que se compone de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una cantidad de $\geq 0,01$ % en volumen a $\leq 0,1$ % en volumen. El gas asociado con petróleo puede presentar además compuestos que no contienen carbono, tales como, por ejemplo, ácido sulfhídrico, dióxido de carbono, nitrógeno, helio y argón. Nitrógeno se presenta en el gas asociado a petróleo en una cantidad de ≥ 2 % en volumen a ≤ 12 % en volumen, de modo particularmente preferido en una cantidad ≥ 2 % en volumen a ≤ 10 % en volumen. El dióxido de carbono se encuentra presente preferiblemente en el gas asociado al petróleo en una cantidad de $\geq 0,5$ % en volumen a ≤ 20 % en volumen, de modo particularmente preferido en una cantidad ≥ 1 % en volumen a ≤ 15 % en volumen, de modo particularmente preferido en una cantidad ≥ 5 % en volumen a ≤ 10 % en volumen. No obstante, el ácido sulfhídrico, el dióxido de carbono, el nitrógeno, el helio y el argón se presentan respectivamente en cantidades bajas tales que no afectan negativamente la combustión del gas asociado al petróleo.

45 El gas asociado al petróleo presenta preferiblemente ≥ 50 % en volumen a ≤ 97 % en volumen de hidrocarburos de C₁-C₆, respecto de la composición total de gas asociado al petróleo, de modo particularmente preferido ≥ 70 % en volumen a ≤ 97 % en volumen, de modo muy particularmente preferido ≥ 80 % en volumen a ≤ 97 % en volumen. Los hidrocarburos de C₁-C₆ se seleccionan preferiblemente del grupo compuesto por metano, etano, propano, butano, pentano y hexano.

El gas asociado a petróleo contiene preferiblemente

50 ≥ 30 % en volumen a ≤ 65 % en volumen de metano,

≥ 5 % en volumen a ≤ 20 % en volumen de etano,

≥ 5 % en volumen a ≤ 25 % en volumen de propano,

≥ 5 % en volumen a ≤ 25 % en volumen de butano,

≥ 1 % en volumen a ≤ 6 % en volumen de pentano y

≥ 1 % en volumen a ≤ 5 % en volumen de hexano.

5 El gas asociado a petróleo preferiblemente se satura con vapor de agua después de salir de la columna.

10 El agua usada según la invención es preferiblemente agua de yacimientos. El agua, principalmente el agua de yacimientos, comprende hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo que consiste en benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una concentración ≥ 2 mg/l a ≤ 700 mg/l, de modo particularmente preferido ≥ 2 mg/l a ≤ 200 mg/l, de modo muy particularmente preferido ≥ 2 mg/l a ≤ 25 mg/l, respecto del volumen de agua o del agua de yacimientos.

15 La temperatura del agua que se usa en la etapa (i) se ajusta a una temperatura en el intervalo ≥ 40°C a ≤ 80°C, preferiblemente en el intervalo ≥ 50 °C a ≤ 70 °C. El tratamiento a temperaturas elevadas permite al procedimiento de la invención un rendimiento aumentado de purificación frente a los procedimientos que prescinden de la influencia de estos parámetros de procedimiento. Las temperaturas requeridas por el procedimiento según la invención corresponden a aquellas que pueden proporcionarse mediante sistemas de calentamiento presentes en instalaciones de tratamiento de petróleo. De esta manera pueden utilizarse las plantas ya presentes en la periferia de la extracción de petróleo de modo que el procedimiento de la invención es particularmente económico. Puesto que el agua usada según la invención se usa a temperaturas elevadas, como por ejemplo 70 °C, debe prestarse atención a que el valor de pH se ajuste de manera tal que no se efectúe una formación de sales a estas temperaturas. Por ejemplo, la solubilidad de sulfato de bario disminuye con la temperatura creciente. Dependiendo de la composición del agua de crecimiento, se requiere un ajuste del pH preferiblemente dentro del intervalo ≥ 4 a ≤ 6,5 para impedir la precipitación de sales (formación de incrustaciones).

25 Según el procedimiento de la invención, la primera corriente (I) es conducida desde arriba mediante un lecho o un paquete con una gran área de superficie en una columna, mientras que la segunda corriente (II) asciende en contracorriente y se recoge por separado en el extremo superior de la columna y se conduce a las calderas en el sistema de gas de desplazamiento. De esta manera, se introduce líquido a la columna desde arriba, mientras el gas asociado a petróleo fluye desde abajo.

30 En principio es posible realizar el procedimiento de la invención a una presión cualquiera, por ejemplo, a una presión reducida o a presión normal. El procedimiento de la invención se utiliza preferiblemente a presión normal para ahorrar costes de operación y costes de inversión para la construcción de la planta. Reduciendo la presión de operación al intervalo de vacío, se incrementa, no obstante, también la eficiencia de la columna de separación por arrastre. La presión en la columna se encuentra preferiblemente en el intervalo de ≥ 200 hPa a ≤ 1500 hPa, preferiblemente en el intervalo de ≥ 300 hPa a ≤ 1200 hPa, de modo particularmente preferible en el intervalo ≥ 900 hPa a ≤ 1050 hPa. En el procedimiento según la invención es posible prescindir de la aplicación de temperatura elevada que incluye negativamente en el procedimiento de purificación puesto que esencialmente el gas ascendente no tiene que atravesar una columna líquida vertical. Esto hace que el procedimiento según la invención sea particularmente viable desde el punto de vista económico, puesto que es posible prescindir de la compresión del gas de arrastre. La presión baja del sistema mejora adicionalmente el rendimiento de purificación.

40 En la etapa (iii), el agua purificada, es decir el agua que presenta una baja concentración de hidrocarburos aromáticos, se recolecta y se bombea hacia fuera. La tercera corriente (III) contiene preferiblemente hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una concentración en el intervalo ≥ 0,1 mg/l a ≤ 1 mg/l, de modo particularmente preferido en el intervalo ≥ 0,2 mg/l a ≤ 1 mg/l, de modo muy particularmente preferido en el intervalo ≥ 0,2 mg/l a ≤ 0,5 mg/l. El procedimiento de la invención se caracteriza porque pueden lograrse concentraciones muy bajas de hidrocarburos aromáticos en aguas de yacimiento purificadas, sin que se requieran etapas de purificación adicionales que necesiten oxígeno en ciertas circunstancias, tales como, por ejemplo, en el caso del tratamiento biológico adicional de agua de yacimiento.

45 En una forma muy particularmente preferida de la realización, la presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de agua que contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, el cual comprende las siguientes etapas

50 (i) introducir una corriente (I) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno a una columna; los hidrocarburos aromáticos se encuentran presentes en una concentración en el intervalo ≥ 2 mg/l a ≤ 700 mg/l, preferiblemente en el intervalo ≥ 2 mg/l a ≤ 50 mg/l, respecto del volumen de la corriente (III),

(ii) poner en contacto la corriente (I) con una segunda corriente (II) en contracorriente y

(iii) retirar una tercera corriente (III) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno; los hidrocarburos aromáticos se encuentran presentes en una concentración en el intervalo $\geq 0,1$ mg/l a ≤ 1 mg/l respecto del volumen de la corriente (III),

- 5 en cuyo caso la segunda corriente (II) contiene gas asociado al petróleo, el cual comprende ≥ 30 % en volumen a ≤ 75 % en volumen de metano.

En otra forma preferida de realización, la presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de agua que contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, el cual comprende al menos las siguientes etapas

- 10 (i) introducir una corriente (I) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno a una columna, y en la columna se presenta una presión en el intervalo ≥ 200 hPa a ≤ 1500 hPa y los hidrocarburos aromáticos se encuentran presentes en una concentración en el intervalo ≥ 2 mg/l a ≤ 700 mg/l, preferiblemente en el intervalo ≥ 2 mg/l a ≤ 50 mg/l, respecto del volumen de la corriente (III),

(ii) poner en contacto la corriente (I) con una segunda corriente (II) a contracorriente y

- 15 (iii) retirar una tercera corriente (III) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno; los hidrocarburos aromáticos se encuentran presentes en una concentración en el intervalo $\geq 0,1$ mg/l a ≤ 1 mg/l respecto del volumen de la corriente (III),

y la segunda corriente (II) contiene gas asociado al petróleo que comprende ≥ 30 % en volumen a ≤ 75 % en volumen de metano.

- 20 En esto, el procedimiento de la invención esta incapacidad de lograr el rendimiento de separación descrito en una etapa del procedimiento.

El procedimiento de la invención prescinde de la introducción de oxígeno. Éste en muchas aplicaciones, principalmente en aplicaciones de petróleo y de gas, no es tolerable y, por lo tanto, tiene que separarse con altos costes y complicaciones, ya que el hierro divalente se oxidaría a hierro trivalente, lo cual puede conducir a precipitaciones y perturbaciones en la operación.

- 25 El procedimiento de la invención se realiza preferiblemente de manera continua. Un procedimiento continuo en el sentido de esta invención es un procedimiento en el cual la adición de agua a la columna y la descarga del agua empobrecida en hidrocarburos aromáticos tienen lugar simultáneamente, pero por separado en el espacio. El procedimiento continuo tiene una ventaja económica ya que se evitan los tiempos muertos de la planta.

- 30 La columna es preferiblemente una columna empaquetada o una columna de platos; de modo particularmente preferido, la columna es una columna empaquetada.

Las columnas empaquetadas, como tales, son adecuadas y conocidas por el experto en la materia. Habitualmente, las columnas empaquetadas empleadas tienen un diámetro o corte de sección transversal redondo, con frecuencia asimétrico y casi siempre circular o elíptico. Una columna empaquetada tiene material de llenado. El material de llenado es de manera ventajosa un material de llenado con poco espacio muerto y una superficie discontinua. Ejemplos de material de llenado con poco espacio muerto, con una superficie discontinua, son principalmente los tipos cilíndricos como los anillos tipo Pall, incluidos los anillos tipo Pall modificados, tales como los del tipo Raflux de la compañía Rauschert, anillos de tipo Hiflow, anillos de tipo Ralu de la compañía Raschig, además super-anillos de la compañía Raschig, así como cuerpos esféricos con superficie interrumpida de la esfera, tales como Envi-Pac-Körper® y similares. En términos generales, los materiales de relleno se encuentran presentes en la columna en forma de un lecho aleatorio. Fundamentalmente, los lechos y/o empaquetamientos ordenados del material de relleno también son adecuados. Al usar una columna empaquetada, puede suministrarse una placa distribuidora del líquido a una altura adecuada para mejorar el grado de eficiencia del contacto gas/líquido.

- 45 Puesto que el agua puede presentar cloruro, para impedir la formación de corrosión, para la fabricación de la columna se usa un acero resistente a la corrosión. El acero contiene preferiblemente a) 20-30 % en peso de cromo, b) 3-10 % en peso de níquel, c) 0,1-5 % en peso de molibdeno, d) 0-0,5 % en peso de nitrógeno, así como e) 0-0,1 % en peso de carbono. De modo particularmente preferido, la fracción de cromo en este caso se encuentra entre 20 y 26 % en peso, la fracción de molibdeno entre 2,0 y 4,5 % en peso, la fracción de nitrógeno entre 0,08 y 0,5 % en peso, y la fracción de carbono máximo en 0,05 % en peso.

- 50 En otra forma ventajosa, a la aleación se adiciona al menos otro elemento seleccionado del grupo compuesto por cobre, manganeso, titanio, tungsteno, tantalio, silicio y/o mezclas de los mismos. En tal caso, el contenido del al menos otro elemento se encuentra particularmente entre 0,1 y 8,0 % en peso. Muy particularmente se prefiere si el acero se

selecciona del grupo compuesto por materiales de acero que tienen el número de material 1.4462 (acero estándar Duplex X2CrNiMoN22-5-3), 1.4410 (acero superduplex X2CrNiMoN25-7-4).

5 En una forma alternativa de realización, la columna puede ser una columna de platos. La columna de platos presenta platos en cascada. Por platos en cascada se entienden platos que se encuentran dispuestos en forma de cascada en la columna. La columna tiene preferiblemente platos de cascada curvados. En el procedimiento de la invención, el agua se introduce a la columna preferiblemente por medio de estos platos de cascada curvados. La curvatura de los platos se extiende preferiblemente por toda la zona de diámetro de los platos. Los platos en cascada pueden curvarse con forma de concha o con forma de cubierta esférica, y la curvatura es cóncava si se mira desde arriba. En el caso de una curvatura con forma de concha, los cuerpos en cascada presentan radios de curvatura que pueden variar en la zona de diámetro de los platos. En el caso de una curvatura con forma de cubierta esférica, el radio de curvatura es constante en toda la zona del diámetro de los platos. Los platos en cascada presentan preferiblemente una superficie cerrada, es decir que no se encuentran orificios de paso, válvulas o burbujas en o sobre estos platos.

15 Por lo tanto, el procedimiento de la invención es ventajoso principalmente porque, después realizar el procedimiento de la invención, el gas asociado a petróleo puede alimentarse a la caldera de la planta de calentamiento, que se encuentra posteriormente, sin un cambio relevante en calidad. De esta manera es posible utilizar plantas que ya se encuentran presentes en la periferia de la extracción de petróleo y, por lo tanto, el procedimiento según la invención es particularmente económico. Por lo contrario, si se usara gas de arrastre, tal como nitrógeno, sería necesaria una complejidad adicional en términos de aparatos para retirar los hidrocarburos aromáticos del gas de arrastre antes de poder quemar los hidrocarburos aromáticos con un bajo nivel de emisiones. Por lo tanto, el uso de gas asociado a petróleo como gas de arrastre no crea una corriente de producto adicional que tenga que desecharse de manera costosa y compleja. Es posible usar las instalaciones que ya se encuentran presentes para transporte y para incineración del gas asociado a petróleo.

25 El procedimiento de la invención se realiza en una planta, que además de una columna (1), presenta otras plantas en la periferia de la misma. Un intercambiador térmico (4) en contracorriente y un pre-calentador (3) de picos de agua de yacimiento se utilizan para llevar el agua de yacimiento a una temperatura suficiente, por ejemplo, una temperatura de 70 °C, antes de introducirse a la columna (1). El agua de yacimiento purificada, antes de seguir usándose, se enfría a temperaturas más bajas, por ejemplo, temperaturas de 30 °C a 40 °C, usando un enfriador de aire (8) de grandes dimensiones. A altas temperaturas de aire externo puede requerirse otro sistema de enfriamiento (7) activo con intercambiador térmico (9). Por ejemplo, el re-enfriamiento del agua de yacimiento puede efectuarse mediante un intercambiador térmico (4) de re-enfriamiento de agua de yacimiento, en cuyo caso la corriente (III) con temperatura elevada se utiliza para precalentar agua de yacimiento que se introduce posteriormente a la columna (1). Además, la planta presenta una caldera (6) que puede operarse con el gas asociado al petróleo y sirve para precalentamiento del agua de yacimiento.

Listado de números de referencia

35 **Figura 1**

1 Columna

2 Conducto de desplazamiento de gas

3 Precalentador de picos

4 Intercambiador térmico en contracorriente

40 5 Introducción de gas asociado a petróleo

6 Caldera

7 Planta de enfriamiento

8 Enfriador

9 Intercambiador térmico

45 **Ejemplo**

50 En una columna empaquetada que funciona continuamente se realizan varios experimentos con agua de yacimiento que se introduce en una cantidad de 30 000 l/h y presenta una concentración de BTEX de 2,8 mg/l. En contracorriente al agua de yacimiento, en la columna se conduce hacia arriba gas asociado a petróleo como medio de arrastre. Este producto secundario de tratamiento de petróleo en húmedo comprende 49% en volumen de metano, 12% en volumen de etano, 14% en volumen de propano, 9% en volumen de butanos, 3% en volumen de pentanos y 2% en volumen

ES 2 665 602 T3

de hexanos y homólogos superiores, así como también 3% en volumen de nitrógeno y 7% en volumen de dióxido de carbono. El procedimiento de separación por arrastre se efectúa sin reflujo de columna, a una temperatura interna de columna de 70 °C y una presión absoluta de 1,020 bar (1020 hPa) presión absoluta. El agua de yacimiento tratada abandona la columna en el fondo y el gas enriquecido con BTEX y saturado de vapor de agua en la parte superior.

- 5 Después de la separación por arrastre, la carga de BTEX del agua de yacimiento se reduce considerablemente y es solamente de 0,3 a 0,5 mg/l. Los valores fueron determinados mediante muestreo profesional del agua de yacimiento y análisis subsiguiente según el procedimiento de la DIN 38407 parte 9 "Determinación de benceno y algunos derivados por medio de cromatografía de gases".

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el tratamiento de agua que contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, que comprende al menos las siguientes etapas:
- 5 (i) introducir una corriente (I) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno a una columna,
- (ii) poner en contacto la corriente (I) con una segunda corriente (II) en contracorriente y
- (iii) retirar una tercera columna (III) que contiene agua e hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno; los hidrocarburos aromáticos se presentan en una concentración ≤ 3 mg/l respecto del volumen de la corriente (III),
- 10 caracterizado porque la segunda corriente (II) contiene gas asociado a petróleo que comprende ≥ 30 % en volumen a ≤ 75 % en volumen de metano, el agua en la etapa (i) presenta una temperatura en el intervalo ≥ 40 °C a ≤ 80 °C y en la columna se presenta una presión en el intervalo ≥ 200 hPa a ≤ 1500 hPa.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los hidrocarburos aromáticos en la tercera corriente (III) se encuentran presentes en una concentración ≤ 1 mg/l respecto del volumen de la corriente (III).
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el gas asociado a petróleo contiene ≥ 50 % en volumen a ≤ 97 % en volumen de hidrocarburos de C₁-C₁₀, respecto de la composición total del gas asociado a petróleo.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque los hidrocarburos de C₁-C₁₀ se seleccionan del grupo compuesto por metano, etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, octano, nonano y decano.
- 20 5. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el gas asociado a petróleo contiene ≥ 50 % en volumen a ≤ 97 % en volumen de hidrocarburos de C₁-C₆, respecto de la composición total del gas asociado a petróleo.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque los hidrocarburos de C₁-C₆ se seleccionan del grupo compuesto por metano, heptano, propano, butano, pentano y hexano.
- 25 7. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el agua en la etapa (i) presenta un valor de pH en el intervalo ≥ 4 a $\leq 6,5$.
8. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la columna es una columna empacitada.
9. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el procedimiento es operado continuamente.
- 30 10. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el agua es agua de yacimiento.
11. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la corriente (I) contiene hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una concentración ≥ 2 mg/l a ≤ 700 mg/l, respecto del volumen de la corriente (I).
- 35 12. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el gas asociado a petróleo contiene ≥ 50 % en volumen a ≤ 97 % en volumen de hidrocarburos de C₁-C₆, ≥ 2 % en volumen a ≤ 12 % en volumen de nitrógeno y $\geq 0,5$ % en volumen a ≤ 20 % en volumen dióxido de carbono.
- 40 13. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el gas asociado a petróleo presenta hidrocarburos aromáticos seleccionados del grupo compuesto por benceno, tolueno, etilbenceno y xileno en una cantidad de $\geq 0,01$ % en volumen a $\leq 0,1$ % en volumen.
14. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el gas asociado a petróleo comprende ≥ 30 % en volumen a ≤ 65 % en volumen de metano.

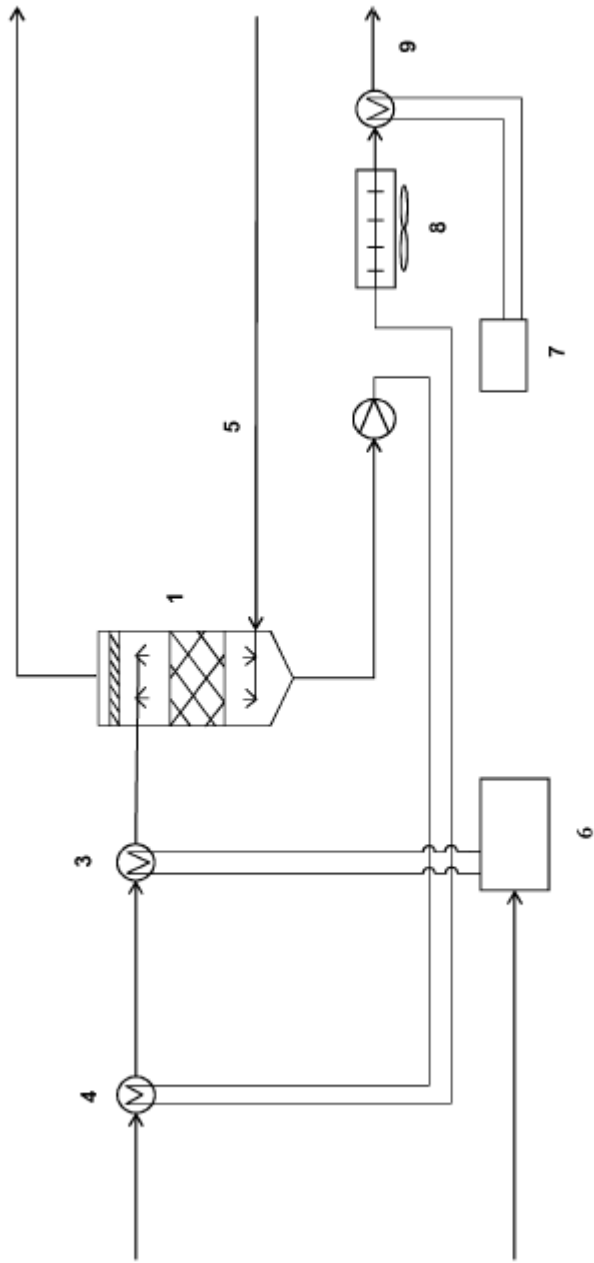


Figura 1